

### Opgave 3 Formule van Einstein

**13 maximumscore 2**

voorbeeld van een uitleg:

De lorentzkracht staat voortdurend loodrecht op de richting van de snelheid.

Deze kracht is constant. (Daarom is de baan cirkelvormig.)

- inzicht dat de lorentzkracht voortdurend loodrecht op de richting van de snelheid blijft staan 1
- inzicht dat de kracht constant is 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat bij het tweede scorepunt zegt dat de snelheid constant is, dit scorepunt niet toekennen.*

**14 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Voor de omlooptijd geldt:  $T = \frac{2\pi r}{v}$ . Dus  $f = \frac{v}{2\pi r}$ .

Voor een cirkelbaan geldt:  $F_L = F_{\text{mpz}}$  zodat  $Bqv = \frac{mv^2}{r}$ .

Hieruit volgt:  $r = \frac{mv}{Bq}$ .

Invullen geeft:  $f = \frac{v}{2\pi \frac{mv}{Bq}}$  zodat  $f = \frac{Bq}{2\pi m}$ .

- inzicht dat  $f = \frac{v}{2\pi r}$  of  $T = \frac{2\pi r}{v}$  met  $f = \frac{1}{T}$  gebruikt moet worden 1
- inzicht dat  $F_L = F_{\text{mpz}}$  met  $F_L = Bqv$  en  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  1
- completeren van de afleiding 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**15 maximumscore 2**

uitkomst:  $f = 4,5$  MHz (Si-29) of  $4,7$  MHz (Si-28)

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $f = \frac{Bq}{2\pi m}$ .

Invullen levert:  $f = \frac{8,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2\pi \cdot 28 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 4,7$  MHz.

of  $f = \frac{8,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2\pi \cdot 29 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 4,5$  MHz.

- invullen van de juiste massa in  $f = \frac{Bq}{2\pi m}$  1
- completeren van de berekening 1

**16 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $E = hf$ .

Voor de frequentie geldt:  $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,9979246 \cdot 10^8}{3,5031716 \cdot 10^{-13}} = 8,5577441 \cdot 10^{20}$  Hz.

Dus geldt:

$E = 6,6260690 \cdot 10^{-34} \cdot 8,5577441 \cdot 10^{20} = 5,6704203 \cdot 10^{-13}$  J = 3539198,3 eV.

(Dit komt overeen met de gegeven energie.)

- gebruik van  $E = hf$  met  $f = \frac{c}{\lambda}$  1
- omrekenen van J naar eV 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**17 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De formule van Einstein luidt  $E = mc^2$ . Invullen levert:

$$E = 9,0967794 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6605388 \cdot 10^{-27} \cdot (2,9979246 \cdot 10^8)^2 = 1,35761961 \cdot 10^{-12} \text{ J} \\ = 8473595,8 \text{ eV.}$$

Afgerond op 7 significante cijfers geeft dit  $E = 8473596 \text{ eV}$ .

De energie van de fotonen is in 7 significante cijfers afgerond hieraan gelijk. 7 significante cijfers betekent een nauwkeurigheid van 1 op  $10^7$  oftewel 1 op 10 miljoen.

- gebruik van  $E = mc^2$  1
- vergelijken van de uitkomst met de gegeven energie van de fotonen 1
- inzicht dat 7 significante cijfers overeenkomt met een nauwkeurigheid van 1 op 10 miljoen 1

*Opmerkingen*

- *Als een kandidaat zegt dat de getallen in 8 significante cijfers staan en dat daarmee de nauwkeurigheid van het experiment 1 op 10 miljoen is: geen scorepunten toekennen.*
- *Als een kandidaat rekent uitgaande van  $u = 931,49 \text{ MeV}$ : maximaal 1 scorepunt toekennen.*

**18 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Om de golflengte van de gamma-fotonen te meten, moet de reactie plaatsvinden. Hiervoor zijn neutronen nodig. Dat gebeurde in het Institut Laue-Langevin in Grenoble.

- inzicht dat neutronen nodig zijn om de fotonen te produceren 1
- consequente conclusie 1